Bakterienluftfilter

und

Bakterienluftfilterverschluss.

Von

J. J. van Hest,
Assistent am Hygienischen Institut an der Universität Amsterdam.

Mit 12 Abbildungen im Text.

Jena
Verlag von Gustav Fischer.
1895.

Herrn

Professor Dr. J. Forster

in tiefer

Dankbarkeit und Verehrung

gewidmet.

I.
EINLEITUNG.

Wie die Entwickelungsgeschichte der Wissenschaft uns lehrt, trachtet man stets, sobald nur einige wissenschaftliche Thatsachen feststehen, dieselben auch so bald als möglich zum Heil der Menschheit zu verwerthen. So ging es in allen Zweigen der exacten Wissenschaften und so ging es mit der immer mehr sich ausbreitenden Kenntniss der Lehre von den Bakterien.

Vor ungefähr 200 Jahren war noch nichts von der Legion jener uns überall umgebenden, niederen Lebewesen bekannt. Die Ehre und der Ruhm ihrer Entdeckung und die Grundlage der Lehre von derselben, die der Menschheit so viel bedeutende und weittragende Vortheile bringen sollte, war dem holländischen Gelehrten Leeuwenhoek vorbehalten. Im Jahre 1675 veröffentlichte er sein Werk über die Existenz der Mikroorganismen[1]), deren einschneidende Bedeutung im Haushalte der Natur und besonders in unserem eigenen Leben erst in diesem Jahrhundert erkannt wurde.

Leeuwenhoek beschrieb ihre Formen als Stäbchen, gerade und gekrümmte, lange und kurze, lange Fäden und Spirillen. Gleichzeitig gab er sehr deutliche Abbildungen dieser Formen und in denselben lassen sich ganz deutlich unsere heutigen Bakterien erkennen. Er fand Bakterien in der Mundhöhle, im Speichel, in Pflanzenabgüssen, im Inneren von Fliegen, Fröschen und Hühnern und bei der Diarrhoë des Menschen.

Wenn auch durch diese Entdeckung der Weg für einen neuen Zweig der Naturwissenschaften eröffnet war, so verging doch mehr als ein Jahrhundert, ehe thatsächlich[2]) ein Fortschritt in der Entwicklung dieser neuen Wissenschaft eintrat. Die grösste Zahl der Gelehrten jener Zeit bewunderten mehr, als sie untersuchten. Sie verliessen den realen Boden der Wissenschaft und überliessen sich

---

1) Arcana naturae detecta. Delft 1680.

2) Da indessen zu dieser Zeit noch keine Methoden bekannt waren, diese Gebilde zu isolieren und zu züchten, war man noch ganz im Unklaren über deren Natur.

in geistvollen Speculationen, poetischen und phantastischen Betrachtungen.

Hierbei wüthete der Streit zwischen der Lehre vom Contagium vivum und der Generatio spontanea stetig fort. Diese beiden Ideen ziehen sich wie ein roter Faden vom Anfang bis zum Ende durch die ganze Entwickelungsgeschichte der Lehre von den Bakterien. Heute triumphirte die eine und morgen die andere Partei. Fiel ein Versuch zu Gunsten des Contaginum vivum aus, so wurde dieser von allen Anhängern desselben ausgebeutet; ihre Ansicht schien dann wieder die richtige zu sein, und alle ihre Theorien bauten sich natürlich alsdann noch fester auf jener Lehre auf als früher. Einige Gegner begannen zu zweifeln und so war heute die eine und morgen die andere Lehre Meister der Meinungen. Diese Streitfrage war von grosser Bedeutung. Denn während die eine Theorie rein wissenschaftlich war, erweckte die andere weit über die engen Grenzen der gelehrten Welt hinaus das Interesse der Menschheit. Der Streit schwankte indessen noch lange hin und her, bis Pasteur in mustergültiger Weise bewies, dass die in der uns umgebenden Luft befindlichen Bakterien die Ursache aller Fäulniss sind, indem er zeigte, dass wenn man Blut, Milch, Harn u. s. w. in solcher Weise auffängt, dass sie von diesen Keimen nicht verunreinigt werden können und in keimfreien Gefässen aufbewahrt und gegen Luftinfection schützt, diese Flüssigkeiten beliebig lange haltbar bleiben. — Erst nach dieser Zeit, hauptsächlich in unserem Jahrhundert, wurde — (Ehrenberg, 1830; F. Cohn 1832; Pasteur 1857[1]), welche die Mittel zeigten, diese Lebewesen in sog. Reinculturen zu züchten, wodurch erst ihr genaues Studium möglich gemacht wurde) — eine Menge von einzelnen selbstständigen Thatsachen bekannt, die man langsamer Hand zu einem Ganzen aufbaute. Noch ist es, wie Migula sich geistig ausdrückt, kein Ganzes, kein Bau, in dem jeder Stein am richtigen Platz liegt, noch muss, um dem Bilde weiter zu folgen, mancher Arbeiter seine untergeordnete Arbeit verrichten, und mancher Baumeister seine schöpferischen Gedanken dem Werke widmen. Aber die Grundmauern stehen fest und der Kundige kann annährend die Formen bestimmen, welche der Bau einst haben wird.

II.

Zweck des Sterilisierens vom Standpunkt des Handels und der Gesundheit aus.

Nachdem man eine Reihe pathogenen Mikroorganismen kennen gelernt hatte, fand man auch bald, dass sie zu öfteren Malen in den verschiedensten Nahrungsmitteln vorhanden waren. Es besteht

1) Annales de chemie et de Physique, Bd. LVIII, S. 323.

also die Möglichkeit, dass man durch den Gebrauch von Speisen Krankheitskeime in sich aufnimmt. Um dies zu verhüten, richtete man schon sehr bald[1]) die Aufmerksamkeit darauf, die Speisen derartig zu behandeln, dass in erster Linie die pathogenen Bakterien getötet und so unschädlich gemacht wurden, und in zweiter Linie, dass die derartig behandelten Speisen wenig oder nichts an ihrem Nahrungswerth verloren.

Einige haben ihre Zuflucht genommen zu Desinfektionsmitteln; jedoch bei diesen Versuchen[2]) ergab sich, dass die Behandlung von Milch, Bier etc. mit diesen Mitteln ohne Bedeutung ist und wohl aus dem einfachen Grund, weil die Mengen[3]), welche man hierzu überhaupt anwenden kann und darf meistens nicht genügend sind, um die Bakterien zu töten.

Im Allgemeinen wird aus diesem Grunde auch die Pasteur'sche Methode, d. h. ein Erhitzen bis auf 70° C. oder die gewöhnliche Sterilisation, d. h. eine einmalige Erwärmung bei höherer Temperatur angewandt.

Aus den Untersuchungen im hygienischen Institut von Prof. J. Forster[4]) in Amsterdam ergab sich, dass man bereits durch eine Erwärmung auf verhältnissmässige niedrige Temperaturen die am meisten vorkommenden Krankheitskeime abtöten kann. Die Resultate dieser Versuche sind in folgender Tabelle angegeben:

van Geuns[5]).

Dauer der Einwirkung	Es werden abgetötet:								
	Kommabacillen von Koch.	Kommabacillen von Finkler-Prior.	Bacillen von Emmerich.	Bacillen typhi.	Pneumonie.	Milzbrand sporenfrei.	Malignes Oedem	Mäusesepticaemie.	Vaccine.
bis 1. Mai	59° C.	55° C.	62½° C.	60° C.	60° C.	80° C.	70° C.	60° C.	60° C.
bis 5. Mai	54° C.	50° C.	59° C.	56° C.	—	—	—	—	—

Die durch Basenau[6]) im Rinderfleisch gefundenen Bacillen werden bei einer Temperatur von 65° C. in 5 Minuten abgetötet.

1) Im Jahre 1884 sterilisirte man Milch in Blechbüchsen, die jedoch hauptsächlich für den Schiffsgebrauch bestimmt waren, und Appert conservirte bereits Gemüsse in Blechbüchsen zu Beginn dieses Jahrhunderts.

2) A. Lazarus, Zeitschr. f. Hyg. Bd. VIII, 1890, S. 207 und J. Forster, Centr. f. Bakt. u. Par. S. 435, Bd. 12, 1892 und Werk v. h. Genootschap ter bev. d. Nat.-Gen.-en Heelk. II. Serie. dln. I. afl. 1. p. 24. und Ed. d. Freudenreich. Les microbes et leur role dans la laiterie, Pag 84, 1894. Paris. (Ed. G. Carré).

3) A. Lazarus, Zeitschr. f. Hyg., Bd. VIII, 1890, S. 233.

4) J. Forster, Centr. f. Bakt. u. Par. S. 435. Bd. 12, 1892.

5) Archiv für Hygiene. 1889. Bd. IX, S. 402.

6) Archiv f. Hyg. 1894. H. 3.

Die Tuberkelbacillen werden getötet bei einer Temperatur von:
65⁰ C. in 15 Minuten.
70⁰ C. „ 10 „
95⁰ C. „ 1 „
Bacillus Coli communis, bei einer Temperatur von:
65⁰ C. in 3 Minuten.
Milzbrandbacillen bei einer Temperatur von:
60⁰ C. in 15 Minuten. (Klemperer und Levy.)

Aus diesen Versuchen folgt also, dass eine Temperatur von 100⁰ C. während einer Minute, und eine Temperatur von 65⁰ C. während 15 Minuten im Stande ist, um alle genannten pathogenen Bakterien zu töten. Hierbei sei ausdrücklich bemerkt, dass die Zeit, welche nöthig ist, um den Inhalt auf diese Temperaturen zu bringen, mit obenstehenden Zahlen vermehrt werden muss.

Diese Zeit ist für Flaschen, Conservebüchsen, Gefässe etc. sehr verschieden und muss also in jedem einzelnen Fall festgestellt werden.

Auch kann die Construction und die Grösse der Sterilisatoren von Einfluss auf die mehr oder weniger schnelle Erwärmung des Inhaltes sein.

Ausser diesen pathogenen Bakterien existiren jedoch noch andere Arten, die, obgleich sie an und für sich unschädlich sind, sich auf Nahrungsmitteln entwickeln, Zersetzungen zu Stande bringen und dadurch Verderben und Fäulniss der Speisen verursachen.

Globig[1]) beschrieb im Jahre 1887 drei Arten Kartoffelbacillen. Unter anderem untersuchte er auch ihre Widerstandsfähigkeit höheren Temperaturen gegenüber. Aus seinen Untersuchungen ergab sich, dass der rote Kartoffelbacillus erst seine Lebensfähigkeit verliert bei einer Temperatur von 100⁰ C. nach $5^1/_2$—6 Sunden, bei 109—113⁰ C. nach 45 Minuten, bei 113—116⁰ C. nach 25 Minuten, bei 116—123⁰ C. nach 10 Minuten, bei 127⁰ C. nach 2 Minuten, und bei 130⁰ C. sofort. Ein Kartoffelbacillus, welcher auf der Oberfläche von Kartoffelscheiben unter Bildung eines grauen Rasens wuchs, bei 100⁰ C. nach 3 Stunden und 5 Minuten; ein weisser Kartoffelbacillus bei 100⁰ C. nach 15 Minuten.

In der Milch kommt zu öfteren Malen eine durch Duclaux[2]) und später durch Adametz[3]) beschriebene Bakterienart, Thyrothrix tenius vor, die äusserst resistente Sporen hoher Temperaturen gegenüber bildet. Duclaux theilt hierüber Folgendes mit: La resistance à la chaleur est remarquable. Les cellules végétatives ne persissent, dans un liquide neutre, qu'entre 90⁰ C. et 95⁰ C., dans un milieu faiblement alcalin, elles peuvent supporter 100⁰ C. Les spores resitent à 115⁰ C.

Aus diesen und späteren Versuchen folgt also auch erfahrungsgemäss, dass eine Temperatur von 110⁰ C. während 45—50 Minuten im Stande ist, um alle genannten und bekannten pathogenen und nicht pathogenen Bakterien zu töten.

---

1) Zeitschr. f. Hyg. 1887. Bd. III. S. 322.
2) Trait pract. Macé 1892, p. 571; et Duclaux, Encycl. chim., p. 644, 1883.
3) Zeitschrift f. wiss. Landw. 1889.

Diese genannten, nicht pathogenen Bakterienarten trifft man allenthalben in der Natur an. Und hiermit ist sieherlich bei der Sterilisation von Nahrungsmitteln zu rechnen. Viele Speisen, wie Erbsen, Bohnen, Wurzeln, Kartoffeln, Birnen, Fleisch, Fleischpräparate und Gemüse etc. kann man ohne Nachtheil bis auf 110° C. erwärmen. Viele andere Nahrungsmittel indessen nicht. Beispielsweise nimmt Milch bei 110° C. eine schmutzig-röthliche Farbe an, der Geschmack wird unangenehm und nach den Behauptungen mancher Autoritäten auf diesem Gebiete wird sie schwerer verdaulich. Man ist daher genöthigt, für solche Nahrungsmittel niedrigere Temperaturen anzuwenden. Ueber die mancherlei Methoden, welche in dieser Hinsicht zur Anwendung kamen, will ich mich hier nicht ausbreiten und verweise auf die interessanten Veröffentlichungen über die Sterilisation resp. Pasteurisation von Milch von Prof. Soxhlet[1]), Prof. J. Forster[2]), Ab. A. Chavane[3]), H. Bitter[4]), Schmidt-Mülheim[5]), H. Weigmann[6]), N. Gerber[7]), C. J. Kriebel[8]), Ed. de Freudenreich[9]), A. Rodet[10]) etc. etc.

Für Flaschen, Konservebüchsen, Gefässe etc., welche mit dem später beschriebenen Luftfilter oder Luftfilterverschluss versehen sind, ist jeder Sterilisisator, bei dem man gespannten oder nicht nicht gespannten Wasserdampf, resp. Temperaturen von 65°—110° C. verwenden kann, brauchbar.

III.

Wie schützt man die einmal sterilisierten Nahrungsmittel vor einer Infektion von aussen?

Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Sterilisation von Nahrungsmitteln etc. in vielen Fällen keine einfache ist. Die technische Schwierigkeit jedoch beginnt hauptsächlich erst dann, wenn man die einmal sterilisierten Speisen vor einer Infektion von aussen schützen will. Bei der Zubereitung von Konserven bringt man die Nahrungsmittel in Blechbüchsen, Flaschen etc. und unterwirft sie alsdann der Sterilisation oder Pasteurisation. Mit dem Steigen der Temperatur hält gleiehzeitig eine Volumenzunahme der zu konservierenden Mittel gleichen Schritt, wodurch ein Teil der in den

1) Milchzeitung. 1891, No. 52. S. 623.

2) Over het Pasteuriseeren van Bacterien. Verslag. en medeel. d. Koninkl. Nederl. Academie V. Wetenschappen, Afd. Natuurkunde. 1886.

3) Semain medicale 1892. pag. 517.

4) Zeitschr. f. Hyg. Bd. 8. 1890. S. 240.

5) Arch. f. animal. Nahr. Bd. IV. 1890.

6) Die Methoden der Milchkonservirung. 1893.

7) Milchzeitung. 1891. No. 53. S. 635.

8) Milchzeitung. 1891. No. 65. S. 780.

9) Ed. de Freudenreich. Les microbes et leur role dans la laiterie. 1894. pag. 96 et 98. Paris.

10) Revue D'Hyg. No. 12, Tom. XVI, 1894.

Büchsen etc. anwesenden Luft nach aussen getrieben wird. Um dieses zu ermöglichen, befindet sich im Deckel der Büchsen etc. ein kleines Loch. Die Behälter bleiben nun entweder offen oder sie werden mit einem selbstthätigen Verschluss versehen. Nach dem Sterilisieren werden sie aus dem Sterilisator entfernt und geschlossen — die Büchsen durch ein Verlöten der kleinen Oeffnungen und die Flaschen durch besondere Verschlussvorrichtungen. Während dieser Manipulationen jedoch sinkt die Temperatur schon in bemerklicher Weise und tritt eine Volumenverminderung des Inhaltes der Büchsen etc. ein. Dies hat natürlich zur Folge, dass atmosphärische Luft von aussen eindringen muss. Die Luft enthält besonders in solchen Arbeitsstätten viele Bakterien und Schimmelpilze, die nunmehr in die Flaschen und Büchsen eingeführt werden und hier eine geeignete Nahrung für ihre Entwickelung finden. Um diese Infektion zu vermeiden, muss man eine Verschlussvorrichtung anbringen, welche das Eindringen von Mikroorganismen verhindert. Welcher Wert auf diesen Teil der Sterilisation von seiten der Fachleute und Theoretiker gelegt worden ist, erhellt zur Genüge aus der grossen Anzahl von Patentverschlussvorrichtungen, welche bereits in der Praxis zur Anwendung gekommen sind. Einzelne der am meisten gebrauchten zähle ich hier auf.

IV.

Verschlussvorrichtungen für Flaschen, welche beim Sterilisieren resp. Pasteurisieren von Milch, Bier, Wein etc. gebraucht werden.

1) Scherf[1]) in Wendisch-Buchholz verschliesst die Flaschen mit Korken, welche während des Erhitzens provisorisch mittels Klammern tief im Flaschenhalse gehalten werden. Später legt er Flanellscheiben, welche mit Paraffin getränkt sind, auf diese Korke und übergiesst schliesslich die ganze Oberfläche dieser Verschlussvorrichtung mit einer dicken Paraffinschicht.

2) V. v. Roden in Hamburg verwendet Stöpsel mit Gummiunterlagen, die fest gebunden werden. Alsdann wird ein kurzes Stück Gummischlauch so auf dem Halse der Flasche befestigt, dass eine becherartige Vertiefung entsteht. In letztere giesst man Oel oder Glycerin und erwärmt dann etwa eine Stunde lang auf 105° C.

3) Vasarhelyi und Zetterlin[2]) schliessen mittels einer durch einen Hahn verschliessbaren Vorrichtung ab.

4) Die Verschlussvorrichtung von Escherich[3]), die darin be-

1) Archiv f. animal. Nahr. Bd. V, S. 85.
2) Archiv f. animal. Nahr. Bd. V, S. 87.
3) Archiv f. animal. Nahr. Bd. V, S. 79.

steht, die Kochflaschen in der Nähe ihres Randes mit einer feinen Bohrung zu versehen und die Flasche mit einem soliden Gummipfropfen, dessen untere Hälfte schräg abgeschnitten ist, derartig zu verschliessen, dass während des Sterilisierens die Durchbohrung offen steht, später aber durch einfache Drehung des Stopfens geschlossen werden kann, dürfte, so sinnvoll sie ausgedaeht ist, schon des grossen Gummipfropfens halber, der erforderlich ist, keine allgemeine Empfehlung verdienen.

5) Ein weiterer Vorschlag Escherich's ist, die Kochflasche einfach mit Schnullern zu verschliessen.

6) Soxhlet[1]) versieht die Kochflaschen nach der Füllung mit Gummipfropfen, welche eine Durchbohrung tragen, stellt dann die Gefässe in ein Wasserbad, treibt durch Siedehitze die Luft aus und verschliesst die heissen Flasehen, die hinterher anhaltend der Wirkung des Wasserbades ausgesetzt beiben, durch Eindrücken von stöpselförmigen Glasstäben.

7) Nach einem Vorschlage Eisenberg's[2]) nimmt man an Stelle der ganzen Verschlussvorrichtung einfach einen Wattepfropf.

8) Schmidt-Mülheim's[3]) Kochflaschen besitzen eine ganz eigenartige Konstruktion. Sie werden mittels aufstülpbarer Glaskappen geschlossen. Letztere sind genau passend auf den Hals der Flaschen aufgeschliffen und tragen auf ihrer Innenfläche ein System vertikal verlaufender, sehr enger Rinnen, welche eine Kommunikation zwischen dem Innern der Flasche und der äusseren Luft gestatten.

9) Gronwald und Oehlmann[4]) verwenden einen Schraubenverschluss. Der Stopfen wird nach dem Erhitzen durch einen Mechanismus ausserhalb des Sterilisators in den Hals der im Sterilisator bleibenden Flasche geschraubt.

10) Popp und Becker's[5]) Verschlussvorrichtung besteht aus einem Gummipfropfen, welcher über seine ganze Länge durchbohrt ist. Dicht am oberen Ende befindet sich eine seitliche Oeffnung, welche von der Aussenwand bis in die mittlere Durchbohrung läuft. In lezterem befindet sich ein Glasstäbchen mit einem viereckigen Kopf, das bis zur Hälfte seiner Länge eine Rinne besitzt. Nach der Füllung wird das Stäbchen allein so tief eingedrückt, dass die Rinne mit der seitlichen Oeffnung in Verbindung bleibt, wodurch die Luft während der Erhitzung entweichen kann. Nach dem Erhitzen werden die Flaschen automatisch dadurch geschlossen, dass die Glasstäbchen umgedreht werden.

11) H. Sieberg[6]): Der Verschluss besteht aus einem Stopfen von Porzellan, welcher in seiner Mitte eine kegelförmige Oeffnung

---

1) Archiv f. animal. Nahr. Bd. V, No. 7.
2) Archiv f. animal. Nahr. Bd. V, No. 7, p. 79.
3) Archiv f. animal. Nahr. Bd. V, No. 7, p. 80.
4) Techn. chem. Jahrb. 1890—91, p. 398, und Viert. Fort. Nahr. Ch. V, 13.
5) Hyg. Rundschau 1892. 14.
6) D. R. P. No. 64221.

besitzt, von wo aus ein Kanälchen bis an die untere Seite des Stopfens läuft. Auf dem Boden der kegelförmigen Oeffnung liegt ein Gummiplättchen, während der andere Raum durch Watte gefüllt ist. Während der Erwärmung findet die Luft durch das Kanälchen einen Ausweg; nach dem Sterilisieren dagegen schliesst das Gummiplättchen das Kanälchen ab und wird nach dem Erfinder die Luft, welche auf das Gummiplättchen drückt, durch die Watte bakterienfrei gemacht.

12) A. Knoop[1]) in Minden verwendet einen Verschluss, welcher aus einem Stopfen von Porzellan von einer eigentümlichen Konstruktion besteht. In dem Stopfen ist ein rechtwinkeliger Kanal angebracht, durch welche die Innenluft mit der Aussenluft in Verbindung steht. Nach dem Sterilisieren wird der Kanal durch einen Gummiring abgeschlossen.

13) Die General Bottle Seal Syndicate Limited in London[2]) hat einen Verschluss patentiert, welcher im Prinzip mit dem Gummiplättchen von Soxhlet (siehe 15) übereinkommt, jedoch mit einigen kleinen Veränderungen. Der Hals der Flasche ist mit einem Ruheplatz für das Gummiplättchen versehen; an dem Plättchen ist ein metallner Ring befestigt, welcher das Oeffnen der Flasche vereinfacht.

14) I. Ausbüttel in Düsseldorf[3]) hat ein Gummiplätchen an der Innenseite einer Feder von Metall befestigt, welche über dem Halse der Flasche angebracht wird. Die Feder dient dazu, um das Plättchen genau über der Oeffnung der Flasche zu halten.

15) Soxhlet[4]) wendet für seinen Milchsterilisierungsapparat einen selbstthätigen Ventil- und pneumatischen Flaschenverschluss an, welcher im wesentlichen aus einer auf den glatt abgeschliffenen Rand der Flaschenmündung gelegten und vor Verschiebung geschützten Gummiplatte besteht. Beim Erhitzen gestattet diese der Luft freien Abgang, legt sich aber bei Abkühlung nach erfolgter Sterilisierung fest auf den Flaschenrand und drückt sie alsdann pfropfenartig in den nach innen etwas eingezogenen Hals der Flasche.

16) M. Gentille[5]) hat einen Gummiapparat konstruiert, der in derselben Weise wirkt, wie das Gummiplättchen von Soxhlet. Er hat die Form eines Champions oder Nagels, dessen Stiel in den Hals der Flasche gebracht wird, und bleibt so ohne jedes andere Hilfsmittel von selbst auf seinem Platze.

17) M. Meching[6]) in Berlin hat denselben Verschluss wie Gentille, allein mit etwas veränderter Form.

---

1) D. R. P. No. 65204.
2) Milch-Zeitung 1891. No. 92, p. 1107.
3) D. R. P. No. 70458. 1891.
4) D. R. P. No. 57524. 1890.
5) Semaine médicale 1892. No. 65, p. 521.
6) D. R. P. No. 71251. 1891.

18) W. Hammer[1]) in Wiesbaden schliesst die Flaschen mit einer Gummikappe. Durch eine spätere Verbesserung wird die Kappe wiederum mit einem Gummiringe abgeschlossen. Während des Sterilisierens entweicht die Luft durch ein geringes Aufheben der Kappe und nach dem Sterilisieren schliesst die Kappe die Flaschen luftdicht ab.

19) Gronwald und Oehlmann[2]) verwenden Flaschen mit gewöhnlichem Bügelverschluss. Die Stopfen werden nach der Füllung lose in den Hals der Flaschen gesetzt und nach dem Sterilisieren werden sie durch eine im Sterilisator selbst angebrachte Vorrichtung geschlossen.

20) Escherich[3]) empfiehlt ein Wattefilter, das aus einer mit Watte gefüllten, metallenen Röhre besteht.

21) R. Sauer und O. Frischeisen[4]) bewirken den Verschluss durch Schnüre, von welchen die eine die Pfropfen über den Flaschenöffnungen hält und beim Freilassen ihres einen ausserhalb des Behälters erfassbaren Endes dieselben in die Flaschenöffnungen setzt, während die andere Schnur, bezw. die anderen, die Pfropfen fest in die Flaschenöffnungen zieht.

22) Aehnlich wie vorstehende Vorrichtung ist die von Eugen Cohn[5]).

23) Skotnicki (D. P. 71052). Die Versandtgefässe ruhen auf innerhalb des Sterilisierungsraumes angebrachten festen und mit Oeffnungen für den Zutritt des Dampfes zu den Böden der Gefässe versehenen Leisten, während die Belastung der Verschlussteile derselben durch an den Verschlussbügeln der Dichtungspfropfen oder an letzteren selber vermittelst Stangen aufgehängte, der erforderlichen Belastung gemäss gewählte Gewichte erfolgt; oder die Gefässe werden auf durch einen regulirbaren Federdruck nach oben gepresste, mit Oeffnungen für den Zutritt des Dampfes zu den Böden der Gefässe versehene Untersätze gestellt, mittelst deren dieselben gleichzeitig mit ihren Verschlussteilen gegen die innerhalb des Sterilisierungsraumes angebrachten, festen Widerlager angepresst werden.

Die Schwere der Gewichte, bezw. die Spannung der Feder, wird dabei so gewählt, dass die kalte Flüssigkeit durch die Belastung vollständig abgeschlossen ist, während beim Sterilisieren nur sô viel Dampf entweichen kann, dass ein Ueberkochen der Flüssigkeit verhindert wird.

24) Der von Theodor Saggau[6]) für Sterilisierungsflaschen benutzte Verschluss besteht aus einem winklig durchbohrten Gummistopfen. Die Bohrung geht nicht durch die ganze Länge des

1) D. R. P. No. 58585.
2) Viertelj. Fort. Nahr. Ch. 5, 13.
3) Centralbl. f. klin. Med. 1891. 16.
4) D. R. P. No. 62212.
5) D. R. P. No. 61485.
6) D. R. P. No. 66847. Techn. Chem. Jahrb. 1892—93, p. 395.

Stopfens, sondern läuft vorher in eine schräg zur Achse des Stopfens gerichtete weite Bohrung aus, welche am besten unter einem spitzen Winkel zur Achse steht. Auf diese Weise wird eine Verbindung des Flascheninnern mit der Luft hergestellt, und alle Gase etc. können so beim Sterilisieren aus der Flasche entweichen. Beim Erkalten tritt dann Luft von aussen in die Flasche hinein.

25) Von Ollendorff's[1]) Gummikappenverschluss. Die Gummikappe besitzt auf der oberen Aussenseite einen dicken Ansatz, in welchem sich ein sehr schmaler Spalt befindet. Auf diese Weise wird die Gummikappe zum selbstthätigen Ventil. Bei der Erhitzung entweichen die Gase durch den Spalt, welcher beim Herausnehmen der Flaschen aus dem Dampftopfe infolge des Saugdruckes der erkaltenden Flüssigkeit sofort gewaltsam zusammengedrückt wird.

26) Schulz's[2]) Verschluss besteht aus einem Gummistopfen, welcher oben eine kegelförmige Oeffnung besitzt. Der Stopfen wird lose auf die Flasche gesetzt und wird während des Abkühlens fest in den Hals der Flaschen gezogen.

27) J. K. Zahradenicek[3]) in Ungarisch-Ostra. Dieser Verschluss wird durch einen Bajonetverschluss an der Innenseite des Halses der Flasche geschlossen. In der Mitte des Stopfens befindet sich ein Gummiring, welcher auf die Seitenwände des Halses der Flasche gedrückt wird. Dieses Plättchen ist mit kleinen Einschnitten versehen, welche derartig angebracht sind, dass bei einem positiven Ueberdrucke die Gase aus den Flaschen entweichen können.

28) F. Faust und E. Schmidt[4]) in Berlin. Diese haben die Flaschen mit einem Schraubendraht versehen, unter welchem noch eine Erweiterung angebracht ist, welche dazu dient, um dem untersten Teile des Stopfens Gelegenheit zu geben, sich aussetzen zu können. Das Schliessen der Flaschen geschieht dann einfach dadurch, dass ein Korkstopfen eingedreht wird.

29) Skotnicki (D. P. 69 214) hat einen durch Deckel verschliessbaren Sterilisierungsapparat konstruiert, in dessen unterem Teile eine Reihe von Tellern angebracht sind, welche mittelst Schrauben in ihrer Höhenlage verstellbar sind. Auf diesen Tellern stehen Flaschen mit der zu sterilisierenden Flüssigkeit. Im oberen Teil des Apparates ist eine verstellbare Auflage angebracht, welche den dichten Verschluss der Flaschenstöpsel bewirkt. Durch geeignete Verstellung der Schrauben ist es, selbst bei verschiedener Flaschenhöhe, möglich, auf alle Flaschen einen gleichmässigen Druck auszuüben. Derselbe wird bis zur Beendigung der Sterilisation so reguliert, dass die Flüssigkeit aus den Flaschen auskochen kann, und dann gesteigert, so dass der vollkommene Verschluss unter Ausfliessen von Flüssigkeit, also bei völligem Abschluss von Luft bewirkt wird.

---

1) D. R. P. No. 66250. 1892.
2) Zeitschr. f. Fleisch- und Milch-Hyg. 1894.
3) Milch-Zeitung 1891. No. 92, S. 1107.
4) Milch-Zeitung 1891. No. 69, S. 834.

30) Legay (D. P. 71 019) sterilisiert die Milch in einem 0,5 bis 1 l fassenden Gefäss. Um die Höhe der Temperatur, auf welche die Milch zur Abtötung der Keime erhitzt werden muss, an der Höhe des Flüssigkeitsstandes zu erkennen, sind am Hals des Sterilisiergefässes zwei Marken angebracht, deren unterste, mit 15° bezeichnete die Grenze andeutet, bis zu welcher die Milch erhitzt werden muss. Das Sterilisierungsgefäss wird in einem federnden Metallring eingesetzt, der mittelst einer Stange mit dem Verschlussstöpsel des Gefässes verbunden ist, infolgedessen der letztere während des Erhitzens des Sterilisiergefässes im Halse desselben festgehalten wird.

31) Prof. A. Stutzer, Bonn (D. R. P. 74 460) versieht die Kochflasehan nach der Füllung mit Gummikappen von einer ganz eigenartigen Konstruktion. Die Kappe besteht aus einem unteren Teile und einem trichterförmigen Oberteil, an dem seitlich 2 leistenförmige Verdickungen angebracht sind. Der Oberteil erweitert sich schliesslieh zu einer Seheibe, in deren Mitte ein äusserlich geschlossenes Ventil sich befindet.

Beim Erhitzen der mit Milch gefüllten und mit einer Kappe versehenen Flaschen im Dampftopfe entweicht die Luft, welche oberhalb der Milch im Flaschenhalse vorhanden ist, durch das Ventil, indem dieses von innen durch den entstandenen Luftdruck geöffnet wird. Nach dem Ausgleich der Druckdifferenz bleibt das Ventil wieder geschlossen.

Hat man nach dem Sterilisieren die Flaschen aus dem Kochtopfe herausgenommen, so kühlen sich diese nebst ihrem Inhalte ab, es entsteht im Oberteil des Flaschenhalses ein nahezu luftleerer Raum. Die äussere umgebende Luft presst den Oberteil der Gummikappe fest in den Flaschenhals hinein.

32) Münsinger (D. R. P. 68 432) benutzt, um Flaschen mit sterilisierten Flüssigkeiten luftdicht abzuschliessen, einen Pfropfen, welcher nach unten mit einer Blase und nach oben mit einem Schlauchansatz versehen ist. Letzterer wird über den Randvorsprung des betreffenden Gefässes gestülpt, und in den Pfropfen wird event. noch ein Pressring zur besseren Dichtung eingesetzt.

33) Brandau (D. R. P. 73 976) verwendet zu gleichem Zwecke einen Lippenventilverschluss; derselbe besteht aus einer über das Gefäss gezogenen halbkugelförmigen Kappe, welche zum Entweichenlassen der heissen Luft bezw. Gase Einschnitte besitzt, die sich unter dem Einfluss des Atmosphärendrucks bei dem im Gefässe entstehenden Vakuum selbstthätig hermetisch schliessen. Der Hals des Gefässes besitzt ausserdem ein kleines Loch, in das sich der darüber liegende Teil der an dieser Stelle dünnwandigeren Gummikappe bei Vorhandensein einer Luftleere im Gefäss stark einzieht.

34) Aufrecht[1]) will beim Soxhletschen Sterilisierungsapparat die Flaschen durch sterilisierte Watte verschliessen.

---

1) Deutsch. med. Wochenschr. 1893. No. 51.

35) J. Haran, Breveté, S. G. D. G., versieht die Kochflaschen nach der Füllung mit einem Gummiplättchen. Der Hals der Flasche ist mit einem Ruheplatz für das Gummiplättchen versehen; unten an dem Plättchen ist eine Scheibe von Porzellan befestigt.

Die folgenden Verschlüsse sind alle als patentierte in der Milchzeitung aufgezählt. Es ist mir jedoch nicht geglückt, Beschreibungen über ihre Konstruktion zu finden.

36) Franz Anton Mehlen in Bonn. Elastischer Sterilisierungsverschluss. D. R. P. No. 66767.

37) Dr. H. Delius. Flaschenverschluss beim Sterilisieren.

38) Berner Alpenmilch-Gesellschaft. dito.

39) A. Eberhard, New-York. dito.

40) A. W. Schroeder in Berlin. dito.

41) W. Painter, Baltimore. dito.

42) Th. Timpe, Magdeburg. dito.

43) F. Turck, Lüdenscheid. dito.

44) J. Lusteck, Apotheker in Landshut, Bayern. D. R. P. No. 74263. Verschluss für Sterilisierungs- und Aufbewahrungsgefässe.

V.

Welchen Verschluss verlangt die Praxis?

Obgleich diese Verschlüsse mehr oder weniger Verbesserung brachten und einige selbst als genial zu bezeichnen sind, ist doch nicht ein einziger unter ihnen, der Anspruch darauf machen könnte, die gestellte Forderung vollkommen zu erfüllen. Wenn man auch jeden Verschluss so einfach und schnell wie möglich nach der Sterilisation schliessen kann, so hat man doch stets mit dem Nachteile zu kämpfen, dass man die Flaschen entweder bei noch ziemlich hoher Temperatur oder nach vollkommener Abkühlung schliesst. Im ersten Falle entsteht in der Flasche ein mehr oder weniger luftleerer Raum, im zweiten Falle setzt man sich der Gefahr aus, dass mit der eintretenden Luft wieder Bakterien in die Flaschen gelangen. Allein die bemerkenswerten Verschlüsse von Schmidt-Mülheim und Saggau machen eine Ausnahme. In ihnen liegt schon, wenn auch noch unvollkommen für eine allgemeine Anwendung, der Anfang des Weges, welchen wir beschreiten müssen.

Der Zweck unseres Strebens ist doch der, den Milchfabrikanten und Industriellen das zu geben, was Schröder und von Dusch im Jahre 1854 den Bakteriologen gaben. Es muss dies ein Verschluss für Flaschen und Büchsen sein, welcher gleichzeitig ein Luftfilter enthält, durch welches zwar Luft und Wasserdampf während des Erhitzens frei entweichen können, das aber nach Abkühlung ein Eintreten von Luft ermöglicht, ohne dass diese Bakterien mit sich führt.

Der verlangte Verschluss muss also hauptsächlich dieser wissenschaftlichen Forderung genügen, aber gleichzeitig billig und praktisch sein, und so einfach in seiner Handhabung, dass jeder Arbeiter ohne Mühe mit ihm umgehen kann. Schröder und von Dusch gebrauchten bei ihren bakteriologischen Versuchen einen Wattepfropfen, vermittelst dessen sie die Reagenzgläschen und Glaskolben etc. abschlossen. Die Resultate waren so überraschend, dass diese Weise des Abschliessens unmittelbar allgemeine Anwendung fand, und bis heute ist noch kein Verschluss bekannt, welcher ihr auch nur annähernd gleichkommt.

So zweckmässig und praktisch zugleich dieser Wattepfropfen bei bakteriologischen Untersuchungen auch ist, ist er doch aus verschiedenen Gründen für die Milchindustrie etc. unbrauchbar. An erster Stelle sind Zeit und Kosten, um die Flaschen zu schliessen, aus Handelsrücksichten zu gross. Zweitens ist die Sterilisierung und Abkühlung praktisch unmöglich, ohne viele Wattepfropfen nass zu machen.

Die letzteren sind aber undurchgängig für Luft und verlieren alsdann die Eigenschaft, überhaupt Luft von Bakterien zu reinigen. Hierzu kommt noch, dass feuchte Watte einen günstigen Nährboden für die Entwickelung von Bakterien und Schimmeln bietet, welche schon bald durch sie hindurchwachsen und den Inhalt der Flaschen verderben. Zum Schlusse sind mit einem Wattepfropfen geschlossene Flaschen schwierig zu transportieren und aus diesem Grunde ebenfalls für den Handel nicht geeignet.

Um die Luft von Bakterien und Schimmeln zu reinigen, sind bereits verschiedene Methoden angegeben worden, unter anderem, die Luft durch konzentrierte Schwefelsäure zu leiten (Franz Schultze, 1836); dieselbe durch eine glühende eiserne Röhre oder durch geschmolzenes Metall zu leiten (Schwann, 1837) oder durch einen Wattepfropfen (Schröder und von Dusch, 1854); weiter durch eine fünffache Lage von Filtrierpapier, durch eine Lage von feinem Sande Petri, 1890) und schliesslich durch eine gebogene Röhre mit feuchten Wänden (Pasteur, 1862)[1].

Diese letzte Entdeckung wurde in jener Zeit mit grosser Freude begrüsst, jedoch nicht etwa aus dem Grunde, weil die hierbei gebrauchten Röhren[2]) für die Anwendung in der Industrie geeignet waren, sondern hauptsächlich darum, weil sie den Anhängern der Generatio spontanea den Todesschlag versetzte. Die Anhänger der Generatio spontanea behaupteten ja, dass Luft, durch starke Schwefelsäure oder durch glühendes Metall oder durch einen Wattepfropfen bakterienfrei gemacht, derartig verändert war, dass sie ungeeignet für die Entwickelung von Bakterien wurde. Diese Behauptung

---

1) Ann. d. chem. et phys. 1862, p. 66.

2) Pasteur, Examen de la doctrine des générations spontanées. (Annal. d. chem. et d. physique. 1862. p. 66—67.) — Idem, Etudes sur la bière. 1876. p. 331—332. — J. W. Gunning, Maandbld. v. Natuurwet. Jaarg. 7. bldz. 88.

wurde vollkommen widerlegt, als Pasteur unveränderte Luft in Anwendung brachte. Von welch grossem Gewichte diese Entdeckung, vor allem auch mit Bezug auf den Streit zwischen Generatio spontanea und Contagium vivum war, so konnte doch begreiflicherweise keines der von Pasteur gebrauchten Filter sich Eingang in die Praxis verschaffen.

Daher wurde auch der Verschluss von Schröder und von Dusch, d. h. das Filtrieren der Luft durch einen Wattepfropf, stets in den bakteriologischen Laboratorien aller Länder angewandt. Nichtsdestoweniger bleibt die Entdeckung des genialen Gelehrten von grosser Bedeutung. Indem ich seiner Anschauungsweise folgte und eine Aenderung in der Form und Grösse der Röhren anbrachte, habe ich einen Apparat konstruiert, der technisch anwendbar und meiner Meinung nach allen gestellten Forderungen entspricht.

VI.

Versuche mit gebogenen Röhren, deren Wände trocken sind.

Die Röhren von Pasteur reinigen die durch sie strömende Luft allein dann, wenn die Innenwände feucht sind. Dies genügt mir jedoch für meinen Zweck nicht. Ich suchte ein Filter darzustellen, das in vollkommen trockenem Zustande die Luft von Bakterien reinigt. Um diesen Zweck zu erreichen, experimentierte ich mit günstigem Erfolg mit einem Apparate, wie er in Figur 8 abgebildet ist. Eine 45 cm lange und 5 mm weite Glasröhre wurde 15mal unter einem rechten Winkel gebogen, wodurch gleichzeitig 15 Buchten entstanden. Der längste Teil der Röhre steckt mit seinem Ende durch einen doppelt durchbohrten Gummistopfen bis auf den Boden eines Glaskolbens *d*. Am anderen Ende *a* ist ein Glasrohr von gleicher Weite a^1 mit einem Gummischlauch a^2 verbunden. An der unteren Seite der Röhre a^1 ist ein rundes Käppchen *b* von feinem Kupferdrahte befestigt, dessen Maschen eine Weite von 0,5 mm im Durchmesser besitzen. Auf diesem Käppchen liegt eine Lage *C* von feinem Sande (ein Gemenge von ungefähr gleichen Teilen trockener Gartenerde, Strassen- und Zimmerstaub). Vor den Versuchen bestimmte ich stets die Anzahl der Bakterien in diesem Gemenge. Hierbei wechselte die Anzahl lebender Bakterien per Gramm zwischen 10 bis 30 Millionen. Der Kolben *d* ist ungefähr bis zur Hälfte mit Loeffler'scher Bouillon gefüllt. In der zweiten Oeffnung des Gummistopfens steckt eine rechtwinklig gebogene Röhre *e*, das eine Ende derselben reicht ungefähr 3 cm unter den Stopfen, das andere Ende ist mit einem Wattepfropfen geschlossen. Um nun den ganzen Apparat von innen steril zu machen, wurde die Röhre a^1 abgenommen und das Ende *a* mit einem Wattepfropfen geschlossen. Alsdann wurde der Kolben

mit dem ganzen Röhrenkomplexe bis an *a* eine Stunde lang bei 120° C. erhitzt. Zur Kontrolle wurde das Ganze 4 Tage lang bei 37° C. und alsdann bei 24° C. gesetzt. Als nach 8 Tagen die Bouillon noch steril war, wurden die folgenden Versuche gemacht. Vorher sei noch ausdrücklich bemerkt, dass während dieser 8 Tage die Innenwände der Röhre vollkommen trocken geworden waren.

Die Röhre a^1 wurde nun an die Röhre *a* unter Wegnahme der Watte befestigt und die Röhre *e* in Verbindung gebracht mit einer Flasche von Mariotte *f*, welche ich für diesen Zweck als Aspirator eingerichtet hatte. Aus diesem Aspirator liess ich nun Wasser mit einer Geschwindigkeit laufen, dass in 10 Minuten 200 ccm Luft[1]) durch den Röhrenkomplex durchgeführt wurden und brachte den Apparat wieder 8 Tage bei 37° C. nach welcher Zeit die Bouillon noch steril war. Diesen Versuch habe ich mehrere Male, mit steigenden Mengen Luft bis auf 800 ccm pro Minute, wiederholt und stets mit demselben Resultate. Ich liess hierbei durchströmen 200, 400, 600, 800 ccm in 5 Minuten, 800 ccm in $2^1/_2$ Minuten und schliesslich 800 ccm in 1 Minute.

Aus diesen Versuchen ergab sich, dass 15 Buchten genügend sind, um alle niederen Organismen längs trockenen Wänden zurückzuhalten.

VII.

Wie weit werden die Bakterien mitgeführt.

Um nun festzustellen, bis wie weit die Bakterien in der Röhre vordringen, wurde durch einen Gummischlauch (bei *a* befestigt) langsam Bouillon aus dem Kolben in die Röhre bis *h* angesaugt und der Gummischlauch mit einer Klemmschraube abgeschlossen.

---

1) Eine mit Milch gefüllte Flasche, die bis auf 100° C. erwärmt worden ist, braucht unter gewöhnlichen Verhältnissen mehr denn $5^1/_2$ Stunden, um wieder bis auf Zimmertemperatur abzukühlen, wie die folgende Tabelle zeigt. Die Zimmertemperatur war 19,2° C.

Zeit	Temperatur
10,27 Uhr	100 ° C.
10,30 „	95,5 „
11,— „	71 „
11,30 „	58,5 „
12,— „	48,5 „
1,— „	36 „
2,— „	27 „
3,— „	24 „
4,— „	22,3 „

Die Stärke der Abkühlung beträgt also

in der 1. Stunde	41,5° C.
„ „ 2. „	17 „
„ „ 3. „	9 „
„ „ 4. „	7 „
„ „ 5. „	3 „

Die Bouillon kam also mit den Wänden der Röhre bis vorbei Bucht 14 in Berührung. Im Falle, dass an dieser Röhrenwand bis hierher Bakterien sich befanden, konnten diese sich in der Bouillon entwickeln. Nach 6 Tagen jedoch war die Bouillon, die bei 37° C. aufbewahrt wurde, noch steril. Die Röhrenwand war also bis an *h* bakterienfrei. Nun brachte ich die Bouillon bis an *i*, alsdann den Apparat bei 37° C. mit demselben Resultate. So schritt ich vor bis *j*, *k* u. s. w., bis endlich sich Bakterien in der Bouillon entwickelten. Im mikroskopischen Präparate fand ich Kokken und Bacillen von verschiedener Grösse. In 6 derartigen Versuchen waren die Bakterien mitgeführt bis an Bucht 6, 2, 4, 8, 10 und 8, während bei einem Versuche die Bouillon noch in der zwölften Bucht trübe wurde. Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der Resultate:

Menge der durchgeführten Luft	Zeit	Bucht, in der Bakterien gefunden wurden.
200 ccm	in 10 Minuten	in Bucht 2
400 „	„ 10 „	„ „ 4
600 „	„ 10 „	„ „ 6
800 „	„ 10 „	„ „ 8
800 „	„ 5 „	„ „ 10
800 „	„ $2^1/_2$ „	„ „ 8
800 „	„ 1 „	„ „ 12

Es ergiebt sich hieraus, dass 1) je schneller die Luft durchströmt, desto weiter die Bakterien mitgeführt werden. Die Zahlen der Buchten halten ungefähr gleichen Schritt mit der steigenden Luftmenge, doch dieses ist meiner Ansicht zum grössten Teile vom Zufall abhängig; 2) dass ich mindestens 12 Buchten nötig habe, um alle niederen Organismen zurückzuhalten. Aus diesem Grunde habe ich noch 2 beigefügt, die aber thatsächlich zur Reserve dienen. Wenn es auch nicht unmöglich ist, so spricht es doch von selbst, dass in der Regel in Molkereien, Bierbrauereien, in Fabriken für konservierte Nahrungsmittel u. s. w. die Luft nicht so viel Bakterien enthält wie die Luft, welche über eine bakterienreiche Lage Sand streicht. Sollte dies aber auch der Fall sein, so ist auch dann noch auf Grund der oben beschriebenen Versuche das Filter imstande, die Luft vollkommen von Bakterien zu befreien.

VIII.

Wie bewährt sich das Filter bei der praktischen Anwendung.

Um die oben beschriebenen Versuche zu kontrollieren (mit feuchten Wänden), verwandte ich das Filter, wie es in der Praxis

angewendet werden muss. Nachdem ich 10 Flaschen mit Loefflerscher Bouillon gefüllt hatte, befestigte ich an ihnen den Filterverschluss, wie es in Fig. 7 abgebildet ist. Alsdann füllte ich 2 Flaschen ebenfalls mit Bouillon und schloss diese mit einem Wattepfropfen. Alle Flaschen wurden eine Stunde lang bei einer Temperatur von 120° C. sterilisiert. Nachdem sie bis auf 100° C. abgekühlt waren, wurden sie aus dem Sterilisator genommen und nebeneinander auf einen Tisch gestellt. Während der Dauer der Abkühlung wurde ständig im Zimmer hin und her gelaufen, mit Tüchern geschlagen u. s. w. Dieses hatte den Zweck, um die Luft möglichst staubreich zu machen, wodurch die Möglichkeit zum Einsaugen von Staub mit Bakterien grösser wurde. Alsdann stellte ich sie abwechselnd 14 Tage lang, 2 Tage bei 24° C. und 2 Tage bei 37° C. Die Bouillon blieb in allen Flaschen steril.

Durch dieses erfreuliche Resultat mutiger gemacht, wiederholte ich den Versuch zum zweiten Male, jedoch mit folgender Aenderung. Nach der Sterilisation stellte ich die Flaschen wieder zusammen auf eine Tafel und streute mit einem feinen Siebe ein Gemenge von Strassen- und Zimmerstaub[1]) über sie aus. Diese Manipulation vollführte ich mindestens 5 Minuten. Länger war es auch nicht nötig, denn alle Filter und Wattepfropfen waren nach dieser Zeit bereits mit einer dünnen Lage Staub bedeckt. Am folgenden Tage stellte ich sie wieder, wie beim vorigen Versuche, abwechselnd bei 24 und 37° C., 14 Tage lang. Das Resultat dieses kühnen Versuches war überraschend. Nach 6 Tagen waren in den beiden Flaschen, welche mit einem Wattepfropfen verschlossen waren, bereits sehr grosse Kolonien von Schimmel auf der Oberfläche der Bouillon vorhanden. Diese hatten sich auf sichtbare Weise ihren Weg durch die Wattepfropfen hin verschafft, denn eine Anzahl grosser und kleiner Myceliumfäden hingen noch unten in dem Halse der Flaschen, von denen einige schon die Oberfläche der Bouillon erreicht hatten. Dagegen war die Bouillon in den Flaschen, welche mit dem Luftfilter verschlosen waren, vollkommen steril geblieben. Nach 2 Monaten erhitzte ich die Flaschen beider oben beschriebenen Versuche mit Ausnahme derjenigen zwei, welche mit einem Wattepfropf geschlossen waren, 15 Minuten lang auf 100° C. Dies that ich, um zu sehen, ob durch die starke Luftströmung, welche hierdurch erst nach aussen und dann nach innen eintritt, eventuell Bakterien in die Flaschen gelangen würden. Die Mehrzahl der vegetativen Formen werden durch diese Temperatur getötet, doch viele etwa vorhandene Sporen nicht. Diese letzteren konnten nun beim ersten Versuche bis in die Buchten 10 und 12 gelangt sein und hatten nun bei einer erneuten Luftströmung nur einen kurzen Weg bis in die Flaschen zurückzulegen. Doch auch jetzt war das Resultat günstig; in keiner einzigen

---

1) Durch Versuche stellte ich fest, dass dieses Staubgemenge per Gramm mehr als 20 Millionen Bakterien enthielt.

Flasche war eine Spur von Bakterienentwickelung wahrzunehmen. Die Bouillon wurde nach und nach zur Gelatine- und Agarbereitung verwandt; nach 8 Monaten wurde die letzte Flasche verbraucht. Während dieser ganzen Zeit waren die Flaschen wechselnden Temperaturen ausgestellt. Trotzdem blieben sie alle steril.

IX.

Wie ist die physikalische Wirkung der Röhre?

Aus obigen Versuchen ersieht man, wie verhältnismässig einfach es ist, um zu beweisen, dass das beschriebene Röhrensystem die Bakterien zurückhält, oder mit anderen Worten, dass die durch dasselbe strömende Luft von Bakterien und Schimmel gereinigt wird. Weniger einfach ist es aber, zu beweisen, auf welche Weise dies geschieht, welche physikalische Arbeit — um diese kann es sich nur handeln — hier geleistet wird. Pasteur glaubt, dass in seinen Röhren die Feuchtigkeit der Wände das wirksame Prinzip ist. Er behauptet mit Recht, dass bei der Sterilisation feuchter Gegenstände mit der Luft auch Wasserdampf durch die Röhren entweicht und dieser die Wände feucht macht. Beim Eindringen der Luft während der Abkühlung streicht sie längs diesen feuchten Wänden, an welchen die Bakterien festkleben. Diese Erklärung ist meiner Meinung nach vollkommen richtig und ist bereits tausende Male zweifellos praktisch bewiesen. Doch ganz anders ist die Wirkung seiner Röhren[1]; sowie man Luft durchströmen lässt, wenn sie trocken sind und die Luft in Nahrungsmittel führt, das für Bakterienentwicklung geeignet ist. Alsdann zeigt sich sehr schnell, dass bereits beim Durchströmen einer verhältnismässig geringen Menge staubreicher, Bakterien enthaltender Luft die letzteren in das Nährmaterial gelangen.

Im Röhrensystem, in Fig. 8 abgebildet, waren die Innenwände des Apparates vor dem Versuche vollkommen trocken geworden, nachdem sie 8 Tage lang bei 37 ° C. gestanden hatten.

Der Sand in der Röhre a^1 wurde fortwährend lufttrocken aufbewahrt und im Arbeitsraume wurden niemals Versuche ausgeführt, welche die Zimmer feucht gemacht hätten. Es waren also keine Momente vorhanden, durch welche die Innenwände während der Versuche feucht werden konnten. Es musste also hier etwas anderes im Spiele sein. Bei einer genaueren Betrachtung der Röhre ergab sich zu öfteren Malen nach jedem Versuche, dass auf dem Boden der Buchten feine Staubteilchen und einige Sandkörnchen versammelt waren und zwar in Bucht 2 mehr denn in 4, in 4 mehr denn in 6, während in Bucht 8 niemals Staubteilchen wahrzunehmen waren. Die Lage dieses Staubes war hauptsächlich an der Seite

---

1) Ann. d. Chem. et d. Phys. 1862.

der aufsteigenden Röhrenwände *l*, welche sich eben vorbei dem tiefsten Teile der Bucht befanden. Diese Erscheinung lässt sich leicht aus dem höheren spezifischen Gewichte erklären, das Staub und Sand der Luft gegenüber besitzen. Bei einem langsamen Strömen laufen die Sand- und Staubkörnchen der Luft voraus und fallen auf den Boden der Bucht nieder. Die durchströmende Luft streicht so dicht wie möglich längs der oberen Seite *m* (Fig. 8) der Buchten und es bildet sich so eine sogenannte tote Ecke *y*, d. h. dass die Strömung dort gleich Null ist. In diesen Ecken finden die Staubteilchen einen Ruheplatz und häufen sich dort bis zu einer bestimmten Höhe an.

Die Bakterien besitzen natürlich ein höheres spezifisches Gewicht als die Luft. Ist dies so, dann muss mit den Bakterien und den mikroskopisch kleinen Staubteilchen, welche für sich wieder viele Bakterien mitschleppen, dasselbe geschehen, als mit dem gröberen Staub und müssen diese sich also ebenfalls in den toten Ecken ansammeln. Wie die vorhergehenden Versuche zeigen, sammelt sich aber der Staub früher in den Buchten an, als die Bakterien. In der zweiten Bucht war meist sehr viel, in der vierten und sechsten Bucht viel weniger und niemals in der achten Bucht Staub vorhanden, während dagegen in einem Falle noch Bakterien in der zwölften Bucht gefunden wurden. Die Bakterien fallen also nicht so schnell zu Boden als Staub und Sand, doch auch dieses erklärt sich aus dem kleineren Gewichte der Bakterien gegenüber dem Staub und Sand.

Aus den obigen Versuchen erhellt also:

1) dass wir vermöge der Schwere der Bakterien und Schimmel imstande sind, durch eine Röhre, wie in Fig. 8 abgebildet, die durchströmende Luft, welche längs der vollkommen trockenen Innenwand streicht, von allen niederen Lebewesen auch bei ziemlich grosser Stromgeschwindigkeit zu befreien;
2) dass die physikalische Arbeit der Röhre auf der Anwesenheit einer Anzahl toter Ecken beruht, in denen sich die niederen Organismen infolge ihrer Schwere ansammeln.

X.

Wo wird die grösste Anzahl Bakterien in der Röhre zurückgehalten?

Um dieses festzustellen, habe ich nach einem Versuche das ganze Röhrensystem von aussen mit einer 1proz. Sublimatlösung desinfiziert, die Sublimatlösung alsdann durch vielfältiges Spülen mit sterilem Wasser weggewaschen. Vorher hatte ich die Buchten 1, 3, 5, 7, 9, 11 und 13 mittels einer scharfen Feile mit einem Ringe

versehen. Nachdem ich mir mit der Sublimatlösung die Hände gewaschen hatte, liess ich bei 1 und 3 die Röhre dadurch springen, dass ich einen glühenden Glasstab an die Ringe brachte. Das hierdurch erhaltene U-förmige Röhrchen brachte ich in ein Erlenmeiersches Kölbchen, das 50 ccm sterile, physiologische Kochsalzlösung enthielt. Nach möglichst gleichmässigem Vermengen verwandte ich hieraus 40 mg zur Anlage einer Gelatineplatte. Von dieser machte ich wieder eine Verdünnung mit 40 mg. In derselben Weise behandelte ich die Röhrchen 4, 6, 8, 10 und 12.

Die Anzahl der Bakterien in den einzelnen U-förmigen Röhrchen war folgende:

Röhrchen	2 ·	18 700 000	Bakterien
„	4	520 000	„
„	6	1 900	„
„	8	109	„
„	10	steril	
„	12	„	

In einzelnen Platten waren 1—3 Kolonien von Schimmel entwickelt. Diese habe ich jedoch ausser Rechnung gelassen.

Man könnte also aus diesem Resultat ableiten, dass eine zunehmende Verminderung der Bakterien in den aufeinanderfolgenden Buchten stattfindet. Es ist dies aber allein das Ergebnis eines einzigen Versuches, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass das obige Verhältnis bei Aenderung mannigfaltigster Umstände verschieden sein kann.

XI.

Warum ist es von Bedeutung, dass das Filter im trocknen Zustand dasselbe leistet als mit feuchten Wänden.

Bevor ich zur Beschreibung des Apparates und seiner Verwendung übergehe, will ich nur bemerken, warum ich es von so grossem Werte erachtete, ein Filter zu besitzen, das in vollkommen trockenem Zustande ebenso gut als bei Anwesenheit feuchter Wände die durchstreichende Luft sicher und immer von Bakterien und Schimmel befreit. Dies kann in der Praxis vielfache Anwendung finden; ich will hier nur auf einen Fall hinweisen.

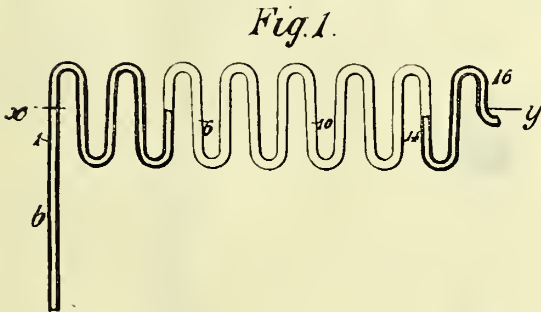
Auf den bakteriologischen Laboratorien gehört es immer noch zu den frommen Wünschen, um von sterilen Flüssigkeiten Teile wegzunehmen und Sicherheit zu haben, den zurückbleibenden Teil nicht zu infizieren. Dieselbe Schwierigkeit zeigt sich besonders in der Milchsterilisations-Technik. Das Publikum sagt, es ist allerdings schön, bakterienfreie Milch zu kaufen. Doch was nützt es? denn wenn man ein Glas davon gebraucht hat, ist der Rest der

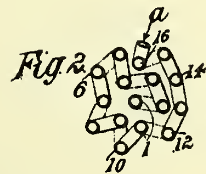
Flasche doch wieder infiziert und verdirbt ebenso schnell als nichtsterilisierte Milch. Es ist daher nur das erste Glas, das uns Sicherheit giebt, keimfreie Milch zu haben. Diese Schwierigkeit wird durch mein Filter aufgehoben und zwar in der Weise, dass man die Flaschen dicht am Boden mit einem Abzapfhahn, wie in Fig 9, versieht. Hieraus kann man die Milch oder im Laboratorium z. B. Nährflüssigkeiten in beliebigen Mengen abzapfen, ohne den Inhalt der Flaschen zu infizieren.

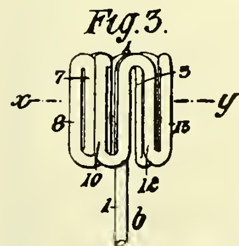
XII.

Beschreibung des Apparates.

Prinzip: Die Luft wird vollkommen von Bakterien und Schimmeln befreit, wenn sie mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 1,5—2 m per Sekunde, oder von ihr nicht mehr als etwa 1 l per Minute durch eine metallene Röhre[1]) von 3—6 mm Dicke und einem Durchmesser von 1—4 mm[2]) streicht, deren Wände trocken und glatt sind und die derartig gebogen ist, dass 15 unter einem rechten Winkel ab- und aufsteigende, 2 cm lange Teile durch 15 Buchten untereinander verbunden sind und dicht zusammenliegen.







1) Die metallenen Röhren sind verfertigt aus Zinn oder aus Komposition mit Zinn belegt.

2) Röhren mit grösserem Durchmesser habe ich nicht erprobt.

Fig. 4.

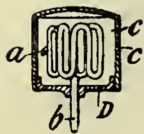


Fig. 5.

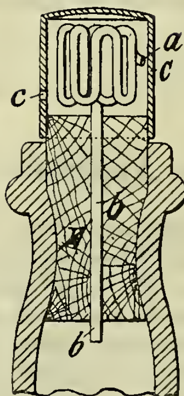


Fig. 6.

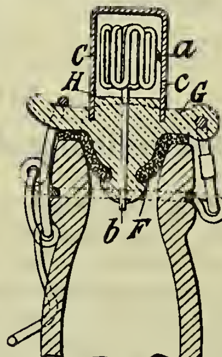


Fig. 7.

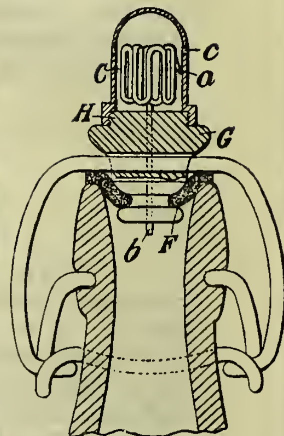
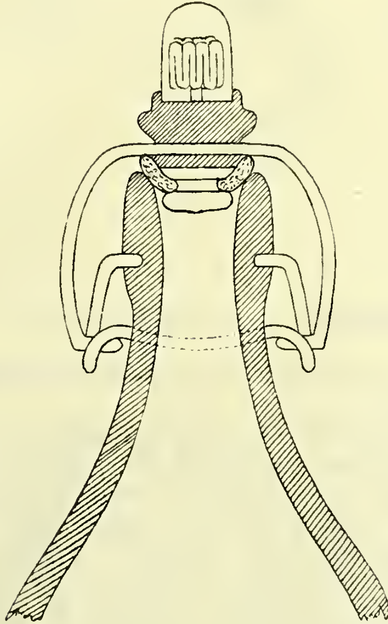


Fig. 8.

Konstruktion: Beiliegende Zeichnung stellt den Apparat dar und zwar zeigt:

Fig. 9.



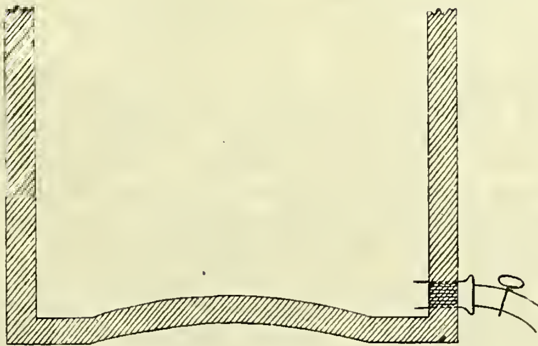


Fig. 1 das flach angelegte, gekrümmte Rohr;

Fig. 2 einen Horizontalschnitt nach Linie x-y der Figur 3, welche das zusammengelegte Rohrsystem in der Ansicht darstellt.

Fig. 10.

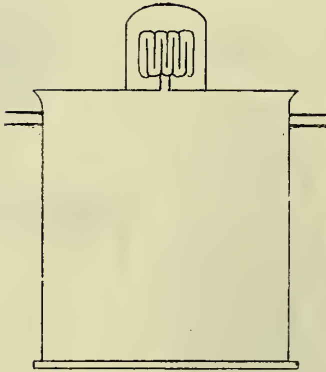


Fig. 11.

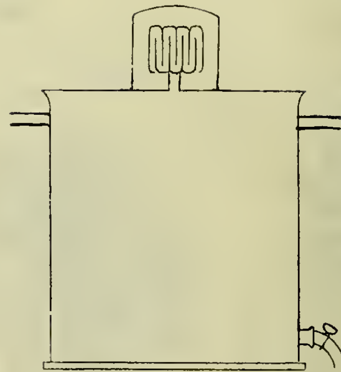


Fig. 4 veranschaulicht die Verwendung des Luftfilterverschlusses bei Konservebüchsen;

Fig. 5, 6 und 7 die Verwendung desselben bei Flaschen.

Das aus Metall oder einem anderen passenden Material bestehende Rohr ist mehrfach gekrümmt, am vorteilhaftesten 15mal, und die Krümmungen sind so dicht aneindergefügt, dass ein kompaktes Rohrsystem gebildet wird, welches im Durchmesser nicht grösser ist als ein Flaschenkork. Das untere gerade Ende *b* des Rohres reicht in die Flasche hinein, während der obere, mehrfach gekrümmte Teil des Rohrsystems sich oberhalb des Korkes befindet und hier von einer Schutzkappe *c* überdeckt werden kann. Die obere Oeffnung *a* des Rohres befindet sich somit in dem kompakten Rohrsystem oberhalb des Korkes.

Fig. 9 stellt eine Flasche mit Abzapfzahn *a* und

Fig. 10 und 11 stellen Konservebüchsen mit derselben Vorrichtung dar.

Der Abzapfhahn ist so eingerichtet, dass nach dem Herausnehmen eines Teiles der Flüssigkeit nur eine Spur im Ende a^1 zurückbleibt, die rasch eintrocknet und so keine Veranlassung zum Verderben giebt. Für den Gebrauch in Laboratorien kann man jeden beliebigen Abzapfhahn nehmen, wenn man an dessen Mündung mittels eines Korkes oder Kautschukstopfens Forsters Vorrichtung zum sterilen Entleeren von Flüssigkeiten[1]) anbringt. Die in dem Stopfen steckende Ausflussröhre des Hahnes ist dann, wie aus der beigefügten Zeichnung Fig. 12 ersichtlich ist, von einer, mit einem Wattepfropf verschlossenen weiteren Glasröhre umgeben und dadurch nach dem Sterilisieren vor Staub und Verunreinigung geschützt.

---

1) Arch. f. Hyg. 1885. Bd. III, S. 468; s. a. Hueppe, die Meth. d. Bakt.-Forsch. 1889. S. 235.

Fig. 12.



XIII.

Anwendung des Luftfilters.

a) Für Konservebüchsen.

Das Filter wird bei Konservebüchsen in folgender Weise gebraucht. Die Büchse (siehe Fig. 4) wird nach dem Füllen mittels des Deckels geschlossen. Das Ende der Röhre *b* ist dann bereits oder wird alsdann auf die kleine Oeffnung, welche sich im Deckel befindet, gelötet, und nun wird die Büchse sterilisiert. Nach der Sterilisation und der Abkühlung wird die Röhre *b* so nahe als möglich beim Deckel mit einer Large dichtgeklemmt, abgeschnitten und das übrigbleibende kleine Stückchen Rohr mit dem Lötkolben zusammengeschmolzen. Das abgeschnittene Filter kann stets wieder gebraucht werden. Ist schliesslich das Rohr *b* zu kurz geworden, so kann man dasselbe dadurch wieder zum Gebrauch fähig machen, dass man ein neues Rohr anlötet.

Bei Konservebüchsen, welche von Hotelbesitzern und Privatleuten gebraucht werden, kann man das Rohr *b* kurz abschneiden und es alsdann auf die Oeffnung des Deckels festlöten, worauf man ebenfalls die Schutzkappe *c* am Deckel befestigt (siehe Fig. 10 und 11). Verwendet man hierzu Büchsen mit hermetischen Verschlüssen und befestigt an ihnen das Filter, so ist jedermann mit wenig Mühe imstande, sein Gemüse etc. selbst zu sterilisieren.

Die Gemüse, z. B. Erbsen, Wurzeln, Bohnen u. s. w. werden am besten so heiss wie möglich in die Büchsen gebracht und mit dem Deckel geschlossen. Weiter werden sie $^3/_4$—1 Stunde bei 110° C. erhitzt und alsdann ohne weitere Manipulationen aufbewahrt, wobei also das Filter für den späteren wiederholten Gebrauch am Deckel sitzen bleibt. Nach dem Gebrauch des Inhaltes werden die Büchsen gereinigt und können wieder aufs neue gebraucht werden. Um eine Temperatur von 110° C. zu erreichen, verwendete ich einen Sterilisator der Firma J. B. Delius & Co. zu Amsterdam, welcher für diese Versuche sich als sehr zweckmässig erwies.

b) Für Flaschen.

Der Gebrauch des Filterverschlusses für Flaschen ist sehr einfach. Wie Fig. 6 und 7 zeigt, ist das Filter auf dem Stopfen von Porzellan befestigt. Man schliesst also die Flaschen nach dem Füllen in gewohnter Weise und diese sind dann zum Pasteurisieren oder Sterilisieren fertig. Nach der Sterilisation kann man die Flaschen abkühlen und wieder erwärmen oder sofort verwenden.

Gewöhnliche Flaschen, die keinen Bügelverschluss haben, werden, wie Fig. 5 zeigt, nach dem Füllen mit einem Stopfen oder Kork geschlossen, an dem man bereits das Filter befestigt hat.

Dieses ist besonders für Flüssigkeiten anzuempfehlen, welche man gerne nach der Sterilisation hermetisch abschliessen will. Das Rohr *b*, das durch den Stopfen geht, lässt man in diesem Falle etwas länger, so dass es ebenso wie auf den Konservebüchsen, Fig. 4, etwas höher steht. Nach der Sterilisation und dem Abkühlen wird es so nahe wie möglich beim Stopfen zugekniffen und abgeschnitten.

Den Stopfen kann man nun nach Wunsch mit Lack oder mit Kapseln von Metall versehen.

XIV.

Wozu kann das Luftfilter verwendet werden?

Es dient einmal dazu, um sterilisierte Speisen, Flüssigkeiten etc. vor einer Infektion von aussen zu schützen.

Es kann gebraucht werden durch:

a) jedes Institut für bakteriologische Untersuchungen;
b) jede Einrichtung für die Kultur von Bakterien, wie Mäusetyphus, Milchsäurebakterien etc. etc.;
c) jede Einrichtung für Fabrikation von Nahrungsmitteln;
d) jede Einrichtung für die Darstellung pasteurisierter, keimfreier oder sogenannter bakterienfreier Milch;
e) jede Einrichtung für die Darstellung pasteurisierten Bieres, Weines, Liqueurs etc., hauptsächlich für den Export bestimmt;
f) jede Fabrik für konservierte Nahrungsmittel;
g) alle Hotelbesitzer und Privatleute, welche ihre Gemüse und Früchte selbst konservieren wollen.
h) Weiter kann es z. B. als Staubfilter bei einer grossen Anzahl anderer Dinge in Anwendung kommen, so für jede Flasche, Krug, für Bier und Branntweinfässer, Bierpumpen; kurz für alle Art Behälter, aus denen man, wie in Fig. 9 Flüssigkeiten durch einen Hahn abzapfen kann.

XV.

Vorsichtsmassregeln.

Beim Gebrauch des Luftfilters oder des Luftfilterverschlusses hat man dafür zu sorgen, dass die Flaschen und Büchsen nicht zu gefüllt sind, damit nicht beim Erhitzen ein Teil der Flüssigkeiten etc. aus den Flaschen oder Büchsen ausläuft.

Das würde erstens einen unnötigen Verlust an Material verursachen, zweitens wäre es für das Filter nicht erwünscht und drittens wird das Wasser im Sterilisator und dieser selbst unnötigerweise dadurch verunreinigt. Besonders muss man seine Aufmerksamkeit auf diesen letzten Punkt richten, denn Reinlichkeit ist eine mächtige Waffe bei der Vertilgung der Bakterien.

Diese Schwierigkeit ist leicht aus dem Wege zu räumen, wenn man sich erinnert, dass das Wasser bei dem Erwärmen von 0° auf 100° C. um + 5 % d. i. den zwanzigsten Teil seines Volumens sich vergrössert. Füllt man also eine Flasche von einem Liter Inhalt vollständig an und nimmt dann + 50 ccm fort, dann giebt das Niveau der Flüssigkeit, die Grenze an, bis zu welcher jede Flasche gefüllt werden kann.

XVI.

Gutachten

von Prof. Dr. J. Forster zu Amsterdam.

Vor einiger Zeit habe ich von Ihnen drei Exemplare eines Apparates erhalten, auf den unter dem Namen „v. Hest's Luftfilter“ in verschiedenen Ländern Patent genommen ist, mit dem Ersuchen, eine experimentelle Untersuchung über die Leistungsfähigkeit desselben anzustellen. Dieser Apparat, aus einer Art kleiner Büchse bestehend, soll zur Abschliessung von Flaschen, Büchsen, Gefässen etc. dienen, in denen Nahrungsmittel oder Getränke erhitzt werden, und zwar derart, dass durch das abschliessende „Luftfilter“ Luft in die geschlossenen Flaschen eintreten kann, ohne Bakterien oder Schimmel mit sich zu führen. Ich habe gerne Ihrem Wunsche Folge geleistet, und ich habe nun die Ehre, Ihnen nach dem Erhalten günstiger Resultate folgendes über die ausgeführten Untersuchungen mitzuteilen:

Nach der Patentbeschreibung ist der Apparat gekennzeichnet durch eine mehreremal gekrümmte Röhre von Metall, deren Krümmungen zu einem kompakten Röhrensystem zusammengefügt sind. Um das letztere vor Beschädigungen zu bewahren, ist es durch einen metallenen Cylinder umgeben, der an der Seite eine kleine

Oeffnung zum Durchtritt der Luft besitzt. Aus dem übrigens von allen Seiten geschlossenen Cylinder ragt das Ende der gekrümmten Röhre unten hervor. Dieses Endstück wird entweder durch eine Oeffnung im Stöpsel oder Kork von Flaschen, Gläsern, Gefässen etc. eingeführt, in denen Nahrungsmittel u. s. w. zum Pasteurisieren oder Sterilisieren erhitzt werden, oder es wird direkt an die Deckel von Büchsen oder Gefässen festgelötet, die bei der Konservierung gebraucht werden.

Dieser neue Verschluss hat den Zweck, während der Erwärmung der Flaschen oder Büchsen etc. der Luft oder den Gasen, die in ihnen vorhanden sind, Gelegenheit zu geben, zu entweichen und später beim Abkühlen wieder Luft durchtreten zu lassen. Diese Luft wird jedoch im Röhrensystem filtriert, und zwar derart, dass Mikroorganismen, die in der Form von feinem Staub in der Luft von Zimmern und Arbeitsräumen anwesend sind, nicht nach innen mitgeführt und also auch nicht mit dem Inhalt der Flaschen, der Konservebüchsen etc. in Berührung kommen können. Der Verschluss stimmt also in seiner Leistungsfähigkeit mit dem bekannten Wattepfropf auf den Röhrchen und Kolben, die in den bakteriologischen Laboratorien zum Züchten von Mikroben verwandt werden, überein. **Jedoch besteht der durchgreifende Unterschied, dass der Wattepfropf ausserhalb der wissenschaftlichen Einrichtungen für eine praktische Verwendung beim Konservieren von Nahrungsmitteln unbrauchbar ist.**

Um die mir gestellte Frage beantworten zu können, habe ich in erster Linie festzustellen gesucht, ob der Verschlussapparat thatsächlich Luft durchtreten lässt und ob er, wenn er wie in der Praxis beim Konservieren gebraucht wird, auch diese Eigenschaft unverändert behält. Zu diesem Zwecke wurde mittelst eines Experimentiergasmessers bestimmt, wieviel Luft in einer bestimmten Zeit aus einem Gasometer — unter dem konstanten Druck einer 15 mm hohen Wassersäule — vor und nach der Sterilisation durch das Röhrensystem durchtreten kann. Bei mehreren Bestimmungen dieser Art fand sich, dass durch den Verschlussapparat in 20 Minuten durchschnittlich durchtraten:

vor der Sterilisation: 5,57 l Luft
nach „ „ 5,53 „ „

Es tritt also keine nennenswerte Veränderung der Permeabilität durch den Gebrauch ein. Die kleine Verminderung, die wahrgenommen wurde, beruht auf der Kondensation einer Spur Wasserdampf im Verschlussapparat. Dieses kondensierte Wasser verschwindet jedoch schnell und zwar nicht allein, wenn der Apparat in ein trockenes Zimmer gebracht wird, sondern auch dann, wenn er als Verschluss einer mit Wasser gefüllten Flasche Dienst thut. Einige Gewichtsbestimmungen machen dies deutlich. Der ganze Filterapparat wiegt:

beim Gebrauch als Verschluss einer mit Wasser gefüllten Flasche, direkt nach der Sterilisation: 100,63 g;

beim Gebrauch als Verschluss einer mit Wasser gefüllten Flasche,
1 Tag nach der Sterilisation: 100,57 g;
nach dem Aufbewahren bei 80° C. 1 Stunde lang: 100,57 g;
nach dem Aufbewahren bei 100° C.: 100,565 g.

Für die ferneren Versuche wurden Glaskolben von 250 ccm Inhalt verwandt, an die seitwärts ein Glasrohr angeschmolzen war, um sie mit einem Aspirator verbinden zu können. Die Kolben wurden ungefähr bis zur Hälfte mit sogenannter Loeffler'schen Bouillon gefüllt, mit Gummistopfen, an denen das „Luftfilter" angebracht war, geschlossen und alsdann im Autoklaven bei 110° C. sterilisiert. Das Seitenrohr, das mit einem Wattepfrof versehen war, wurde während der Sterilisation und des Abkühlens mittels eines Gummikäppchens verschlossen[1]). Hierauf wurden die Kolben in ein Zimmer, in dem mehrere Personen arbeiteten, gebracht — in einen Raum also, in dem vollauf Gelegenheit zur Staubbildung vorhanden war. Die Staubbildung wurde noch dadurch vermehrt, dass einigemal eine feine, trockene Masse, die Bakterien enthielt, in der Nähe der Kolben ausgestreut wurde. Dass die Zimmerluft während der Versuche thatsächlich sehr reich an Bakterien in Staubform war, erhellte aus der Entwickelung von Bakterienkolonien in Gelatineplatten, die nur 1—2 Minuten offen der Luft blossgestellt waren, und ebenfalls daraus, dass sterile Bouillon in Kolben durch Bakterienentwickelung trübe wurde, wenn nicht mehr als 50—100 ccm Luft durch eine rechtwinkelig gebogene und sterilisierte Röhre in die Kolben aspiriert wurden.

Nach diesen Vorbereitungen fanden die folgenden Versuche statt:

1) Einer der obenerwähnten Kolben wurde nach der Sterilisation in der staubreichen Luft bis auf 6° C. abgekühlt, alsdann in den Brütapparat gebracht und, nachdem er die Temperatur von 37° C. hatte, wiederum bis auf 6° abgekühlt und in den Thermostaten zurückgesetzt. Dieses abwechselnde Abkühlen und Erwärmen wurde im Laufe einer Woche 20mal wiederholt. Der Kolben blieb dann bei Brüttemperatur stehen. Die Luftmenge, die in dem halbgefüllten Kolben bei 37° C. ca. 125 ccm betrug, wurde jedesmal bei der Abkühlung auf 6° ungefähr mit 14 ccm vermindert, deren Ersatz von der Aussenluft her stattfinden musste. In Anbetracht dessen, dass die Veränderung des Glasvolumens hier ausser acht gelassen werden

---

1) Wenn dieses Seitenrohr offen bleibt, so ist die Möglichkeit vorhanden, dass der Verschlussapparat durch eine geringe Kondensation von Wasserdampf abgeschlossen wird und nach dem Abkühlen bei Anwendung des oben genannten Druckes von 15 mm Wasser — undurchgängig bleibt. Wird es jedoch verschlossen, so kann allerdings auch eine Kondensation stattfinden, aber die kleine Menge Kondensationswasser, die imstande ist, um dem bei den Versuchen angewandten Druck zu widerstehen, wird durch die Luft, die beim Abkühlen in den mehr oder weniger luftleer gewordenen Kolben eindringen muss, aus dem inneren Ende der gekrümmten Verschlussröhre — wo die Kondensation hauptsächlich stattfindet — nach innen getrieben und der Weg so wieder für Luft unter geringem Druck frei gemacht.

kann, so mussten im ganzen $20 \times 14 = 280$ ccm staubreiche Luft durch den Verschlussapparat in den Kolben eintreten.

Die im Kolben vorhandene Züchtungsbouillon blieb steril. Wiederholte Versuche hatten dasselbe Resultat.

2) Die mit dem „Luftfilter“ verschlossenen Kolben wurden durch einen am Seitenrohr befestigten Gummischlauch mit einem Aspirator in Verbindung gebracht und alsdann bestimmte Mengen bakterienhaltender Luft mit verschiedener Geschwindigkeit durch den Verschlussapparat in die Kolben aspiriert. Hierauf wurden die Kolben in den Brütapparat gesetzt (bei 26—37° C.) und mindestens 8 Tage lang beobachtet. Die Resultate dieser Versuchsreihe sind in der folgenden Tabelle angegeben:

	Aspirierte Luft in ccm		=	An ccm in der Minute	Resultat der Kultur
1)	In $1^1/_2$ Stunden:	300	=	3,3	steril
2)	„ $23^1/_2$ Minuten:	780	=	33,2	„
3)	„ 10 „	375	=	37,5	„
4)	„ 5 „	200	=	40,0	„
5)	„ 5 „	200	=	40,0	„
6)	„ 11 „	500	=	45,5	„
7)	„ 5 „	315	=	63,0	„
8)	„ 5 „	380	=	76,0	„
9)	„ $2^1/_2$ „	200	=	80,0	„
10)	„ 5 „	635	=	127,0	„
11)	„ 3 „	760	=	253,0	„
12)	„ 4 „	1040	=	260,0	„
13)	„ 2 „	660	=	330,0	„
14)	„ 2 „	660	=	330,0	„
15)	„ $6^1/_2$ Stunden:	845	=	2,2	„
16)	„ 4 Minuten:	1105	=	276,0	„
17)	„ 2 „	655	=	327,0	„

Aus dieser Tabelle erhellt, dass die Kulturflüssigkeit in allen Versuchen steril geblieben ist, selbst wenn von der staubhaltenden Luft verschiedene Mengen, sogar bis zu 330 ccm in der Minute, aspiriert wurden. Es ist hiermit erwiesen, dass die Luft bei ihrem Durchtritt durch das gekrümmte Röhrensystem frei von Mikroorganismen und aller Staub im „Luftfilter“ zurückgehalten wird. Ohne näher in Einzelheiten zu treten, die mehr vom theoretischen Standpunkte ein Interesse erwecken, wünsche ich allein darauf die Aufmerksamkeit zu richten, dass Bakterien etc. offenbar nur dann nicht mehr in genügender Weise zurückgehalten werden, wenn eine sehr grosse Luftmenge oder Luft in sehr grosser Geschwindigkeit aspiriert wird. Bei langsamem Durchsaugen ist die Grenze wahrscheinlich erreicht, wenn ungefähr 800—1000 ccm Zimmerluft durchtreten.

3) Zwei der Kolben blieben in dem erwähnten Zimmer $2^1/_2$ Monate stehen, während die Temperatur in demselben zwischen 8 und 21° C. schwankte. Stets blieb die Kulturflüssigkeit in den Kolben steril. Nach Ablauf dieser Zeit wurden, ohne dass der auf den Verschluss und die Kolben gefallene Staub entfernt wurde, noch ungefähr 300 und 600 ccm Zimmerluft durch den Verschluss

in die Kolben aspiriert und diese in den Brütapparat gestellt. Auch jetzt blieb die Züchtungsbouillon in beiden Kolben steril.

Bei den verschiedenen Versuchen, bei denen die Bedingungen viel ungünstiger gewählt wurden, als sie jemals beim Konservieren in der Praxis vorkommen, wurde also der Staub — und mit ihm die in ihm enthaltenen Bakterien — in den Krümmungen der metallenen Röhre des Verschlussaparates festgehalten, so dass die Luft, die durch den Apparat in die Kolben strömte, frei von Staub und Bakterien war. Wenn auch nur ein Stäubchen oder lebender Keim in die Kolben gekommen wäre, so hätte es zur Entwickelung von Mikroorganismen in den Kulturflüssigkeiten kommen müssen, deren Fähigkeit, um als Nährboden zu dienen, stets noch festgestellt wurde.

Auf Grund der hier mitgeteilten Versuche ist es deshalb klar, dass durch die mir zur Untersuchung angebotenen Verschlussapparate, wenn sie zum Verschluss von Gläsern, Flaschen etc. bei der Sterilisation von Flüssigkeiten, die einem Verderben ausgesetzt sind, verwandt werden, Luft von aussen in die geschlossenen Flaschen etc. eintreten kann, ohne Verderben bewirkende Keime mit sich nach innen zu führen.

Amsterdam, den 14. März 1894.

(gez.) Prof. J. Forster.

Inhalt.

Druck von Ant. Kämpfe, Jena.